

Analisis Kinerja Sistem Antrian dengan Pendekatan Single Server pada Proses Pengangkutan Sampah

Welly Sugianto¹ dan Elva Susanti²

^{1,2}Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Putera Batam,
Jl. Letjen R. Soeprapto, Batam, Kepulauan Riau, Indonesia 29432.

Email: sugianto.welly@gmail.com

Abstrak

The process of transporting waste in Taman Cipta Asri housing is done by garbage truck. Trucks carrying garbage into the housing and take the garbage that is in front of every house residents Park Cipta Asri. Taman Cipta Asri housing is divided into 4 regions. The number of garbage trucks carrying garbage is one truck for each residential area. The performance of the garbage truck has never been analyzed so that people can not assess its effectiveness. The approach used is a single server queue theory with limited population. The number of houses serviced by garbage trucks in one area is limited and fixed. The house is designated as a customer if the amount of garbage in front of the house is more than 5 bags or more than 20 kg. Some data to be observed is the arrival rate and speed of service. Based on these data can be calculated several parameters such as queue level, object time in the queue, the probability of objects in the queue system, and the probability of a number of objects in the queue. This research was conducted in Taman Cipta Asri Housing of Batam City. The results show that single server queue theory with limited population can be applied to analyze queue system performance in garbage transport process.

Kata kunci: Queue, Limited Population, Single Server, Garbage Truck

1. Pendahuluan

Batam merupakan bagian dari kepulauan riau dengan luas wilayah sebesar 1595 Km persegi dan berpenduduk 1,3 juta jiwa. Sampai saat ini, batam menghasilkan sampah dengan jumlah antara 850 sampai 1000 ton per hari. Sampah yang dihasilkan terdiri dari sampah kering dan sampah basah. Sampah tersebut dihasilkan oleh rumah tangga dan industri. Sampah rumah tangga di kota batam tidak dikumpulkan di tempat penampungan namun dikumpulkan di depan rumah masing-masing warga dan truk sampah mengambil sampah dari masing-masing rumah warga. Perumahan taman cipta asri merupakan sebuah kompleks perumahan di Batam yang terdiri dari 4 wilayah yakni tahap 1, tahap 2, tahap 3 dan tahap 4. Masing-masing warga perumahan taman cipta asri menyediakan tempat sampah di depan rumah. Truk sampah mengambil sampah secara langsung dengan menggunakan truk sampah. Masing-masing wilayah dilayani oleh satu truk sampah. Namun saat ini, sampah menumpuk di depan masing-masing rumah warga dan meluber ke jalan raya. Beberapa warga berinisiatif membuang sampah namun tidak ada tempat penampungan sampah di wilayah perumahan taman cipta asri sehingga tercipta tempat pembuangan sampah liar di beberapa lokasi seperti perumahan buana dan perumahan cipta asri. Warga perumahan taman cipta asri masih belum mendapatkan jawaban mengapa sampah

menumpuk di depan rumah dan pelayanan truk sampah tidak maksimal. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis kinerja sistem antrian truk sampah di perumahan taman cipta asri. Setiap rumah warga merupakan pelanggan yang menunggu untuk dilayani. Jumlah rumah warga yang ada di perumahan bersifat tetap sehingga pendekatan yang digunakan adalah sistem antrian dengan populasi terbatas (Zaveršnik, Tina, Grobin, & Rosi, 2015). Kinerja sistem antrian pengangkutan sampah perlu dikaji untuk menentukan baik atau buruknya sistem antrian sistem pengangkutan sampah. Sistem antrian pengangkutan sampah meliputi truk pengangkut sampah, warga sebagai pelanggan, kecepatan kedatangan pelanggan yang dalam hal ini adalah kecepatan munculnya rumah warga dengan timbunan sampah, kecepatan pelayanan truk sampah serta metode pengambilan sampah. Kinerja sistem antrian truk pengangkut sampah meliputi jumlah pelanggan dalam sistem, jumlah pelanggan dalam antrian, probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem, probabilitas terdapat beberapa pelanggan dalam sistem antrian, kecepatan rata-rata pelayanan, serta utilisasi sistem (Paul & Akpofure, 2015). Jika kinerja sistem antrian pengangkutan sampah dapat dianalisis dan ditentukan nilainya maka warga dan dinas kebersihan akan dapat mengambil langkah perbaikan sehingga tidak terdapat kesan saling menyalahkan antara warga dan dinas kebersihan Kota Batam. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menganalisis dan menentukan kinerja sistem antrian pengangkutan sampah dengan *single server* atau satu truk sampah.

2. Landasan Teori

2.1 Karakteristik Sistem Antrian

Terdapat tiga komponen dalam karakteristik sistem antrian yakni: kedatangan atau masukan sistem yang meliputi ukuran populasi, perilaku dan distribusinya, antrian atau disipin antrian yang meliputi jumlah antrian dan materi yang ada dalam antrian dan fasilitas pelayanan yang meliputi desain dan distribusi statistik waktu pelayanan (Heizer & Render, 2012).

2.1.1. Karakteristik Kedatangan

Kedatangan pelanggan memiliki tiga karakteristik utama yaitu ukuran populasi kedatangan, perilaku kedatangan dan pola kedatangan (Heizer & Render, 2012). Penjelasan masing-masing karakteristik dijabarkan sebagai berikut:

1 Ukuran Populasi Kedatangan

Ukuran populasi kedatangan terdiri dari dua kemungkinan yaitu terbatas dan tidak terbatas. Populasi kedatangan yang tidak terbatas memiliki karakteristik sebagian kecil dari semua kedatangan yang potensial. Contoh dari populasi kedatangan yang tidak terbatas adalah konsumen cuci mobil, pengunjung supermarket, mahasiswa yang mendaftar untuk masuk kuliah, penduduk yang datang di kantor imigrasi untuk mengurus paspor dan lain-lain. Populasi yang terbatas adalah sebagian besar dari semua kedatangan yang potensial. Contoh dari populasi yang terbatas adalah

sebuah toko buku yang memiliki enam buah mesin *fotocopy* yang masing-masing berpotensi untuk rusak dan memerlukan pemeliharaan.

2 Perilaku Kedatangan

Asumsi perilaku kedatangan pada sistem antrian adalah bahwa seluruh materi yang ada dalam sistem antrian menunggu untuk dilayani dan materi tersebut tidak berpindah garis antrian. Tidak ada materi yang meninggalkan garis antrian.

3 Pola Kedatangan

Asumsi pola kedatangan dianggap acak sehingga antar kedatangan adalah acak dan independen. Asumsi pola kedatangan dalam sistem antrian adalah distribusi poisson. Untuk setiap waktu kedatangan, probabilitas jumlah kedatangan persatuan waktu ditetapkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \quad (1)$$

Keterangan :

λ = kecepatan kedatangan pelanggan

X = Jumlah pelanggan yang datang ke dalam sistem dalam satuan waktu

2.1.2 Karakteristik Antrian

Panjang sebuah sistem antrian dapat terbatas atau tidak terbatas. Sistem antrian terbatas merupakan suatu sistem antrian yang jumlah materi dalam antrian tidak dapat meningkat tanpa batas melainkan jumlahnya telah tentu atau telah ditetapkan. Ketetapan jumlah antrian dapat disebabkan oleh karena adanya aturan maupun keterbatasan fisik seperti daya tampung ruang antrian. Sistem antrian tidak terbatas merupakan suatu sistem antrian yang jumlah materi dalam antrian dapat meningkat tanpa batas (Zaveršnik et al., 2015). Asumsi distribusi waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan harus dipenuhi karena persamaan yang digunakan untuk menganalisis antrian tersebut diturunkan berdasarkan distribusi kedua variabel tersebut (Heizer & Render, 2012).

2.1.3 Karakteristik Pelayanan

Terdapat dua hal penting dalam karakteristik pelayanan yakni desain sistem antrian dan distribusi waktu pelayanan (Heizer & Render, 2012). Desain sistem antrian dibagi menjadi dua yaitu sistem antrian jalur tunggal dan jalur berganda. Sistem antrian jalur tunggal merupakan suatu sistem antrian di mana pelayanan hanya dilakukan pada satu channel atau satu loket dan satu jalur antrian. Distribusi waktu pelayanan berkaitan dengan probabilitas waktu pelayanan. Jika waktu pelayanan konstan maka setiap pelanggan akan mendapatkan waktu pelayanan yang sama. Namun tidak semua waktu pelayanan adalah konstan. Jika waktu pelayanan tidak konstan maka probabilitas waktu pelayanan ditunjukkan oleh distribusi probabilitas eksponensial negatif. Pada

distribusi probabilitas eksponensial negatif, probabilitas waktu pelayanan yang panjang adalah kecil. Probabilitas waktu pelayanan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P(t) = e^{-\mu t} \quad (2)$$

μ adalah waktu pelayanan rata-rata.

2.2 Kinerja Antrian untuk Finite Population

Terdapat beberapa persamaan khusus yang digunakan untuk menganalisis kinerja antrian dengan populasi yang terbatas dengan *single server* (Hillier & Lieberman, 2015). Persamaan tersebut diuraikan sebagai berikut :

- a. Probabilitas jumlah objek dalam antrian sebesar nol

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^N \left[\frac{N!}{(N-n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right]} \quad (3)$$

- b. Probabilitas objek dalam antrian sebesar n

$$\frac{N!}{(N-n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n P_0 \quad (4)$$

- c. Rata-rata jumlah objek dalam antrian

$$L_q = \sum_{n=1}^N (n-1)P_n = N - \frac{\lambda + \mu}{\lambda} (1 - P_0) \quad (5)$$

- d. Rata-rata jumlah objek dalam sistem

$$L = \sum_{n=0}^N nP_n = N - \frac{\mu}{\lambda} (1 - P_0) \quad (6)$$

- e. Rata-rata kecepatan kedatangan pelanggan

$$\bar{\lambda} = \sum_{n=0}^N \lambda_n P_n = \sum_{n=0}^N (N-n) \lambda P_n = \lambda (N - L) \quad (7)$$

- f. Rata-rata waktu objek dalam sistem

$$W = \frac{L}{\bar{\lambda}} \quad (8)$$

- g. Rata-rata waktu objek dalam antrian

$$W_q = \frac{L_q}{\bar{\lambda}} \quad (9)$$

2.3 Pendekatan Teori Antrian dalam Manajemen Transportasi Sampah

Kinerja sistem manajemen sampah dapat dianalisis dengan pendekatan antrian dengan model M/M/1 di mana distribusi waktu antar kedatangan adalah markovian atau eksponensial, distribusi waktu pelayanan adalah markovian atau eksponensial dan jumlah server sebesar 1. Karakteristik sistem antrian truk pada saat proses pengisian bahan bakar dan proses pengisian

sampah dapat dianalisis dengan akurat (Zaveršnik et al., 2015). Manajemen sampah di kota Lawma Igando juga dianalisis dengan pendekatan antrian dengan model M/M/s. Karakteristik antrian seperti rata-rata kecepatan kedatangan pelanggan, rata-rata kecepatan pelayanan, probabilitas jumlah pelanggan sebesar 0, probabilitas jumlah pelanggan sebesar n, jumlah pelanggan dalam antrian dan sistem dapat dianalisis dengan pendekatan tersebut (Paul & Akpofure, 2015). Proses pengangkutan sampah di TPS kobana kota Bandung juga dianalisis secara akurat dengan menggunakan pendekatan antrian. Taksiran distribusi dan parameter data observasi digunakan sebagai masukan untuk model simulasi untuk menggambarkan sistem antrian yang sebenarnya dan untuk memperoleh efektivitas dan optimalisasi sistem (Anggakusuma, Padmadisastra, & Maskun, 2007).

3. Metodologi Penelitian

3.1 Kecukupan Jumlah Data

Perhitungan kecukupan jumlah data kecepatan kedatangan pelanggan dan kecepatan pelayanan dilakukan persamaan *rules of thumb* (Belle, 2008) dengan persamaan:

$$n = \frac{4}{(\sqrt{\theta_0} - \sqrt{\theta_1})^2} \quad (10)$$

3.2 Uji Distribusi Data

Uji distribusi data dilakukan pada data kecepatan kedatangan pelanggan (yang dalam hal ini adalah pertambahan jumlah rumah yang tong sampahnya terisi dan pertambahan tersebut dihitung per jam). Agar data tersebut dapat digunakan untuk simulasi dan dapat digunakan untuk perhitungan, data tersebut harus berdistribusi poisson. Uji distribusi data kecepatan pelayanan dan kecepatan kedatangan pelanggan dilakukan dengan menggunakan bantuan minitab.

3.3 Analisis kinerja antrian dengan jumlah truk sebesar 1

Analisis kinerja antrian terdiri atas beberapa karakteristik antara lain adalah :

1. Menghitung rata-rata kecepatan kedatangan pelanggan dan kecepatan pelayanan.

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i \times f_i)}{\sum_{i=1}^n f_i} = \sum_{i=1}^n (x_i \times P_i) \quad (11)$$

2. Menghitung nilai P_0 dengan persamaan berikut:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^N C_n} = \frac{1}{\sum_{n=0}^N \frac{N!}{(N-n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n} \quad (12)$$

3. Menghitung nilai P_n dengan persamaan (4).
4. Menghitung nilai L_q (jumlah pelanggan dalam antrian) dengan menggunakan persamaan (5).

5. Menghitung nilai L (jumlah pelanggan dalam sistem dengan menggunakan persamaan (6).
6. Menghitung nilai $\bar{\lambda}$ dengan menggunakan persamaan (7).
7. Menghitung waktu yang diperlukan pelanggan untuk berada dalam sistem (Wq) dengan menggunakan persamaan (8).
8. Menghitung waktu yang diperlukan pelanggan untuk berada dalam sistem antrian (W) dengan menggunakan persamaan (9).

4. Hasil dan Pembahasan

Pengumpulan data dilakukan pada perumahan taman cipta asri tembesi yang terbagi menjadi 4 wilayah.

4.1 Kecukupan Jumlah Data Penelitian

Jumlah data kecepatan kedatangan pelanggan dan kecepatan pelayanan masing-masing sebesar 180. Uji kecukupan data dihitung dengan menggunakan persamaan (10). Persamaan tersebut diturunkan dengan nilai probabilitas pada nilai kritis distribusi hipotesis nol sebesar 0,5 dan nilai probabilitas pada nilai kritis hipotesis alternatif sebesar 0,2. θ_0 merupakan hipotesis nol dan θ_1 merupakan hipotesis alternatif.

1. Perhitungan kecukupan jumlah data kecepatan kedatangan pelanggan

Perhitungan dilakukan persamaan rules of thumb dengan persamaan (10). Hipotesis nol sama dengan 4 dan hipotesis alternatif sama dengan 5 sehingga

$$n_{\text{kecepatan kedatangan pelanggan}} = \frac{4}{(\sqrt{11} - \sqrt{10})^2} = 167,90$$
. Jumlah data sebesar 180 melebihi jumlah sampel minimum 167,90 sehingga jumlah data cukup.

2. Perhitungan kecukupan jumlah data untuk data kecepatan pelayanan

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan pendekatan *rules of thumb* dengan persamaan (10). Hipotesis nol sama dengan 12 dan hipotesis alternatif sama dengan 10,5 sehingga jumlah data minimum adalah sebesar :

$$n_{\text{kecepatan kedatangan pelanggan}} = \frac{4}{(\sqrt{12} - \sqrt{10,5})^2} = 79,91$$

Jumlah data yang diperoleh sebesar 180 melebihi jumlah sampel minimum 79,91 sehingga jumlah data cukup.

4.2 Uji Distribusi Data

Uji distribusi data dilakukan dengan bantuan program minitab disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Uji distribusi kecepatan kedatangan pelanggan

Wil.	DF	χ^2 Hitung	χ^2 Tabel	Distribusi
II	10	7,35	18,31	Poison
III	8	5,09	15,51	Poison
IV	10	9,82	18,31	Poison

Tabel 2. Uji distribusi kecepatan pelayanan

Wilayah	DF	χ^2 Hitung	χ^2 Tabel	Distribusi
II	13	6,17	22,36	Poison
III	14	8,34	23,68	Poison
IV	14	9,16	23,68	Poison

4.3 Analisis kinerja sistem antrian dengan jumlah truk = 1

1. Rata-rata kecepatan kedatangan pelanggan dan kecepatan pelayanan pada setiap wilayah dihitung dengan persamaan (11) dan hasil perhitungan disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai rata-rata kecepatan kedatangan pelanggan

Wilayah	Rata-rata kecepatan kedatangan pelanggan per hari
I	4,32
II	5.71
III	4.67
IV	6.52

Tabel 4. Nilai rata-rata kecepatan pelayanan pelanggan

Wilayah	Rata-rata kecepatan pelayanan per jam
I	11,13
II	10,14
III	9,89
IV	11,59

2. Menghitung nilai P_0 .

Jumlah rumah yang berpenghuni pada wilayah I adalah sebesar 160. Rata-rata kecepatan kedatangan pelanggan pada wilayah I adalah sebesar $4,3167 \frac{\text{Pelanggan}}{\text{hari}}$. Rata-rata kecepatan

pelayanan pelanggan pada wilayah I adalah sebesar $11,13 \frac{\text{Pelanggan}}{\text{Jam}} = 267,2 \frac{\text{Pelanggan}}{\text{hari}}$, Sehingga

$$\lambda = 4,3167 \frac{\text{Pelanggan}}{\text{hari}} \text{ dan } \mu = 267,2 \frac{\text{Pelanggan}}{\text{hari}}$$

$$\text{Sehingga } P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^N \frac{N!}{(N-n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n} = \frac{1}{\sum_{n=0}^{160} \frac{160!}{(N-n)!} \left(\frac{4,3167}{267,2} \right)^n} = 1,3 \times 10^{-25}$$

3. Menghitung nilai P_n .

Probabilitas adanya 1 pelanggan dalam sistem jika jumlah truk hanya 1 buah dihitung sebagai

$$\text{berikut : } P_1 = \frac{160!}{(160-1)!} \left(\frac{4,3167}{267,2} \right)^1 = 3,36 \times 10^{-25}.$$

4. Menghitung nilai L_q (jumlah pelanggan dalam antrian) = $\sum_{n=1}^{160} (n-1)P_n = 97,100386$.

5. Menghitung nilai $L = N - \frac{\mu}{\lambda} (1 - P_0) = 160 - \frac{267,2}{4,3167} (1 - (3,36 \times 10^{-25})) = 98,1$

Menghitung nilai $\bar{\lambda} = \lambda(N - L) = 4,3167(160 - 98,100386) = 267,2 \frac{\text{Pelanggan}}{\text{hari}}$

6.

7. Menghitung waktu yang diperlukan pelanggan untuk berada dalam sistem (W_q).

$$W_q = \frac{L_q}{\bar{\lambda}} = \frac{97,100386 \text{ pelanggan}}{267,2 \frac{\text{pelanggan}}{\text{hari}}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} = 8,7215916 \text{ jam}$$

8. Menghitung waktu yang diperlukan pelanggan untuk berada dalam sistem antrian (W).

$$W = \frac{L}{\bar{\lambda}} = \frac{98,100386 \text{ pelanggan}}{267,2 \frac{\text{pelanggan}}{\text{hari}}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} = 8,8114119 \text{ jam}$$

9. Langkah 1 sampai 9 dilakukan untuk menghitung P_0 , P_n , L_q , L , $\bar{\lambda}$, W_q dan W pada wilayah II, III dan IV dan hasilnya disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Kinerja antrian pada tiap wilayah dengan jumlah truk sebesar 1

Wil.	P_0	$P_n (1)$	L_q	L	$\bar{\lambda}$	W_q	W
I	1E-25	3E-25	97,10	98,1	267,2	8,7	8,8
II	3E-39	1E-38	109,4	110,4	243,3	10,8	10,9
III	5E-36	2E-35	111,2	112,2	237,3	11,2	11,3
IV	2E-35	7E-35	102,4	103,4	278,1	8,8	8,9

4.4 Pembahasan

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kinerja sistem pengangkutan masih kurang maksimal. Kecepatan pelayanan pengangkutan sampah wilayah I, II, III dan IV berturut-turut adalah 267,2 ; 243,3 ; 237,3 dan 278,13 rumah per hari. Kecepatan pelayanan pengangkutan sampah masih rendah. Rata-rata kecepatan pelayanan adalah 256,48 rumah per hari. Rendahnya kecepatan pelayanan ini disebabkan karena beberapa kendala antara lain yakni:

1. Tempat pembuangan sampah warga sulit dijangkau petugas kebersihan. Beberapa warga menempatkan tempat sampahnya pada paku-paku yang ditancap di pagar sehingga petugas harus mengangkutnya satu persatu. Beberapa warga juga menempatkan tempat sampahnya terhalang dengan pot tanaman sehingga petugas harus melewati beberapa pot tanaman untuk mengangkut sampah. Selain itu ada beberapa tempat sampah yang terbuat dari anyaman bambu yang telah rusak sehingga sulit diangkat.

2. *Handle* tempat sampah tidak nyaman untuk dipegang atau diangkat sehingga petugas kebersihan harus melapisinya dengan kain agar tangan petugas tidak terluka.
3. Jalan sempit sehingga menyulitkan truk pengangkut sampah untuk bermanuver. Sampah pada rumah yang jalannya sempit seringkali tidak diambil petugas karena truk pengangkut sampah tidak dapat lewat.
4. Mobil pribadi yang diparkir dipinggir jalan menyulitkan truk sampah untuk melewati dan mengambil sampah di tiap rumah warga.

Beberapa perbaikan perlu dilakukan untuk meningkatkan pelayanan. Usulan perbaikan diimplementasikan kepada warga yang ada di wilayah I.

1. Tempat pembuangan sampah distandarkan bentuknya. Drum plastik digergaji menjadi 2 bagian. Bagian pegangannya dihaluskan dengan amplas agar tidak melukai tangan petugas kebersihan. Bagian atas tempat sampah diberi tutup agar tidak ada hewan yang merusak isi tempat sampah sehingga sampah basah tidak tercerai berai dan tempat sampah mudah dikosongkan. Bagian dasar tempat sampah diberi lubang agar tempat sampah tetap kering dan tidak berbau.
2. Tempat sampah diletakkan dilokasi yang tidak terhalang sehingga petugas kebersihan mudah mengambilnya dan menghimbau warga agar memarkir mobilnya dengan baik agar tidak mengganggu lalu lintas.

Implementasi usulan perbaikan tersebut berdampak pada kenaikan kecepatan pelayanan pengangkutan sampah di perumahan wilayah I dari 267,2 rumah per hari menjadi 480,8 rumah per hari. Jumlah truk yang optimum pada wilayah I setelah implementasi perbaikan adalah 1. Kinerja antrian setelah dilakukan perbaikan disajikan pada tabel 6

Tabel 6. Kinerja antrian pada wilayah I setelah dilakukan perbaikan

	CN	Po	Lq	L	W (Jam)	Wq (Jam)
Sebelum	7.69E+24	1.3E-25	97.10039	98.10039	8.811412	8.721592
Sesudah	359413.5	2.78E-06	47.61807	48.61807	2.426866	2.376949

5. Kesimpulan

Kinerja sistem antrian pengangkutan sampah yang ditunjukkan pada tabel masih kurang maksimal, jumlah rumah yang menunggu untuk dilayani adalah 98 sampai 112 rumah, lama mengantri dalam sistem adalah 8,8 sampai 11,3 jam dan lama mengantri dalam antrian adalah 8,7 sampai 11,2 jam. Kinerja antrian sangat buruk dan harus dilakukan perbaikan. Solusi perbaikan bukan dengan menambah jumlah truk namun dengan memperbaiki sistem pengangkutan sampah. Dari hasil analisa perbaikan, jumlah rumah yang menunggu untuk dilayani menurun menjadi 47 rumah, lama mengantri dalam sistem turun menjadi 2,42 jam dan lama mengantri dalam sistem antrian turun menjadi 2,38 jam.

Ucapan Terima Kasih

Kami menyampaikan terima kasih kepada beberapa pihak :

1. Kemenristekdikti yang telah memberikan pendanaan penelitian.
2. Universitas Putera Batam yang telah memberikan dukungan dan fasilitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggakusuma, D., Padmadisastra, S., & Maskun, B. (2007). Menentukan Jumlah Pelayanan yang Optimal pada Sistem Pengangkutan Sampah di Tempat Pembuangan Sementara Kobana Kota Bandung, 7(1), 7–12.
- Belle, G. van. (2008). *Statistical Rules*. (S. Miles, Ed.) (2nd ed.). United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Heizer, J., & Render, B. (2012). *Operations Management*. (M. K. Murray, Ed.) (10th ed.). Prentice Hall.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). *INTRODUCTION TO OPERATIONS RESEARCH* (10th ed.). New York, NY 10121: Mc Graw Hill.
- Paul, A. N., & Akpofure, N. (2015). Queuing Theory and its Application in Waste Management Authority (A Focus on Lawma Igando Dump Site , Lagos State), 4(9), 1392–1400.
- Zaveršnik, D., Tina, C., Grobin, K., & Rosi, B. (2015). Optimization of Internal Logistics in a Waste Management Company With Queuing Theory. *2nd. Logistics International Conference.*, 284–289.